

วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (2561)

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ด้วยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์

สุภาพร พรไตร^{1*} และชนันธร อุดมศิลป์²

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และหน่วยวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190 และ ²โรงเรียนศรีธรรมภูมิพิสัย ศรีธรรมภูมิ สุรินทร์ 32110

*E-mail: supaporn.p@ubu.ac.th

รับบทความ: 6 มิถุนายน 2561 แก้ไขบทความ: 30 กรกฎาคม 2561 ยอมรับตีพิมพ์: 18 สิงหาคม 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และประสิทธิผล (E.I.) ของกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์เรื่องไมโอซิส วิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน และตรวจสอบความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนระดับวิธีวิจัยประกอบด้วยพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้องเรียน เก็บข้อมูลจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งเป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 9 ข้อ และใบงาน กิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์นี้ใช้เวลา 150 นาที และประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ นักเรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถาม นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนผลการค้นพบของตนเอง ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.23/80.99 และ 81.14/80.22 ในห้องเรียนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดัชนีประสิทธิผลมีค่าเท่ากับ 0.70 ในทั้งสองห้องเรียน นักเรียนห้องเรียนที่ 1 สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนจากรดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (25.73) ไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระดับดีเยี่ยม (80.99) ($t = 21.26, p = .00$) ในขณะที่นักเรียนห้องเรียนที่ 2 สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนจากรดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (24.93) ไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระดับดีเยี่ยม (80.22) ($t = 21.36, p = .00$) และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเท่ากับร้อยละ 73.58 และร้อยละ 72.68 ในห้องเรียนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง

คำสำคัญ: ไมโอซิส การแบ่งเซลล์ การสืบเสาะวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Development of Learning Achievement in Topic of Meiotic Cell Division Using a Science Inquiry-Based Hands-on Activity

Supaporn Porntra^{1*} and Chanantorn Udomsin²

¹Department of Biological Sciences, and Research and Innovation in Science Education Unit,
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University 34190, Thailand;

²Sikhorphumpisai School, Sikhorphum, Surin 32110, Thailand

*E-mail: supaporn.p@ubu.ac.th

Received: 6 June 2018 Revised: 30 July 2018 Accepted: 18 August 2018

Abstract

This research aimed to investigate the efficiency (E_1/E_2) and effectiveness (E.I.) of the science inquiry-based hands-on activity in meiosis topic, analyze and compare students' pre- and post-learning achievement, and investigate students' learning progression. Research methodology comprised developing learning activity and achievement test, and implementing to the samples which were 2 classrooms of grade-10 students. Data were collected from pre- and post-achievement test which was 9 items of 4 multiple choices test, and work sheets. This science inquiry-based hands-on activity was 150 minutes long and comprised 5 steps: learner engaged in scientifically oriented questions, learner gave priority to evidence in responding to question, learner formulated explanations from evidence, learner connected explanations to scientific knowledge, and learner communicated and justified explanation. The results showed that the efficiencies of this activity were 81.23/80.99 and 81.14/80.22 in the 1st and 2nd classroom, respectively, in addition, the effectiveness was 0.7 in both classrooms, and students in the 1st classroom were able to improve their pre-learning achievement from a low level (25.73%) to be an excellent level for post-learning achievement (80.99%) ($t = 21.26, p = .00$). In addition, students in the 2nd classroom were able to improve their pre-learning achievement from a low level (24.93%) to be an excellent level for post-learning achievement (80.22%) ($t = 21.36, p = .00$), and students' learning progression were 73.58% and 72.68% in the 1st and 2nd classroom, respectively, categorized as a high gain level.

Keywords: Meiosis, Cell division, Science inquiry, Hands-on activity, Academic achievement

บทนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, IPST) จัดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสไว้ในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยเนื้อหาเรื่องนี้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และผลลัพธ์ของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (IPST, 2011) การที่นักเรียนไม่เข้าใจโมเดลเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสอาจส่งผลให้นักเรียนประสบปัญหาการเรียนเนื้อหาอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม การสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต ความหลากหลายทางชีวภาพ (Lewis and Kattmann, 2004) มโนคติเรื่องนี้ส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรมสูงเนื่องจากอยู่ในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ประกอบด้วยหลายขั้นตอนย่อย และมีศัพท์เทคนิคมาก ทำให้นักเรียนจำนวนไม่น้อยเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการจำลองโครโมโซม การเข้าคู่กันและการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนกันระหว่างโครโมโซมคู่เหมือน (Smith, 1991) ความแตกต่างระหว่างโครมาทิดและโครโมโซม (Clark and Mathis, 2000) การลำดับระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์ (Dikmenli, 2010) เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะ เช่น การจำลองดีเอ็นเอเกิดขึ้นในระยะโพรเฟส โครโมโซมมี 2 โครมาทิดตลอดการแบ่งเซลล์ (Prasarnned and Sumranwanich, 2013)

จากการศึกษางานวิจัยในอดีต พบว่า มีนักวิจัยจำนวนไม่น้อยพยายามพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาด-

เคลื่อนดังกล่าว เช่น การสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบเคลื่อนที่หยุดด้วยดินน้ำมัน (clay animation-stop motion) (Pitipornatapin and Sritha, 2012) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Güneş and Çelikler, 2010; Wekesa et al., 2013) ตลอดจนการใช้แบบจำลองที่สร้างจากวัสดุและอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน เช่น โฟมพลาสติก (Porntrai, 2014) ทุ่นลอย่ายน้ำ (Farrar and Barnhart, 2011) ลวดสปริง (Luo, 2012) จานกระดาษ (Scherer, 2014) ตัวต่อเลโก้ (Dinç et al., 2008) นอกจากนี้ยังมีการใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การใช้กิจกรรมเข้าจังหวะให้การเคลื่อนไหวร่างกายแทนพฤติกรรมของโครโมโซมในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์ (Kreiser and Hairston, 2007) การแสดงบทบาทสมมุติ (role-playing) (Chinnici et al., 2004) และการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ (Porntrai, 2015) อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการใช้สื่อการเรียนรู้และเทคโนโลยีที่หลากหลาย แต่นักเรียนบางส่วนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน สะท้อนให้เห็นว่าไม่มีเทคนิคหรือวิธีการเรียนรู้ใดที่ดีที่สุดและสมบูรณ์แบบที่สุด ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนแต่ละอย่างต้องได้รับการปรับแก้ด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไปตามบริบทของตนเอง

Smith (1991) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่มีประสิทธิภาพต้องใช้กิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติ (hands-on activity) การมีปฏิสัมพันธ์เชิงรุก (active interaction) และการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ (science inquiry process) ซึ่งเริ่มจากการเกิดข้อสงสัยและนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบ การเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถาม การ

สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ การเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ และการนำเสนอเพื่อแสดงเหตุผลโต้แย้งในคำอธิบายที่สร้างขึ้น (National Research Council, 2000) กิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกการสังเกตอย่างแน่วแน่ ได้ใช้สมาริอย่างมุ่งมั่นในการปฏิบัติกิจกรรมซึ่งทำให้นักเรียนเห็นและเข้าใจสิ่งที่กำลังเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง (Kelly et al., 2014; Pochaiyarach and Porntrai, 2015) ได้เรียนรู้อย่างกระตือรือร้น มีเป้าหมายที่แน่ชัดในการเรียน และมีการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์และการคิดเชิงเหตุผลที่นำไปสู่การเกิดความเข้าใจที่ถ่องแท้ (McDonald, 2012; Prasertsan, 2012) จนนำไปสู่การเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในงานของตนเอง (Boomer and Latham, 2011; Dunlap and Patrick, 2012)

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และประสิทธิผล (E.I.) ของกิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์เรื่องไมโอซิส วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน และตรวจสอบความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน และบทความวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ร่วมกับการใช้กิจกรรมการลงมือปฏิบัติเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกิจกรรม รวมถึงผลของการใช้กิจกรรมต่อการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจะเป็นตัวอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อครูในการนำไปปรับให้เกิดประสิทธิภาพ และบรรลุจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ในลำดับต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย

1. พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ โดยให้มีลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของ NRC (2000) เวลาในการจัดกิจกรรมประมาณ 150 นาที จากนั้นประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนชีววิทยาจำนวน 3 ท่าน ปรับปรุงแก้ไขจนมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item objective congruence, IOC) เท่ากับ 1.0 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 42 คน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้นี้มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 81.11/80.16 และ 0.7198 ตามลำดับ กิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

คาบที่ 1 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ขั้นที่ 1 นักเรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ (5 นาที)

1) นักเรียนดูวีดิทัศน์เรื่อง กำเนิดชีวิต จากนั้นครูกล่าวว่า “เซลล์ร่างกายของมนุษย์มีโครโมโซม 46 แท่ง พ่อมี 46 แท่ง แม่มี 46 แท่ง และนักเรียนก็มี 46 แท่ง นักเรียนคิดว่าเราได้รับโครโมโซมมาจากพ่อ (ผ่านอสุจิ) และแม่ (ผ่านไข่) คนละกี่แท่ง (ตอบ 23 แท่ง) จากคำตอบของนักเรียนทำให้ครูเกิดข้อสงสัยว่า การลดจำนวนโครโมโซมในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เกิดขึ้นได้อย่างไร นักเรียนช่วยตอบข้อสงสัยนี้ได้หรือไม่” เมื่อนักเรียนตอบคำถามแล้ว ครูถามต่อว่า “นักเรียนคิดว่ากระบวนการดังกล่าวมีขั้นตอนอย่างไร”

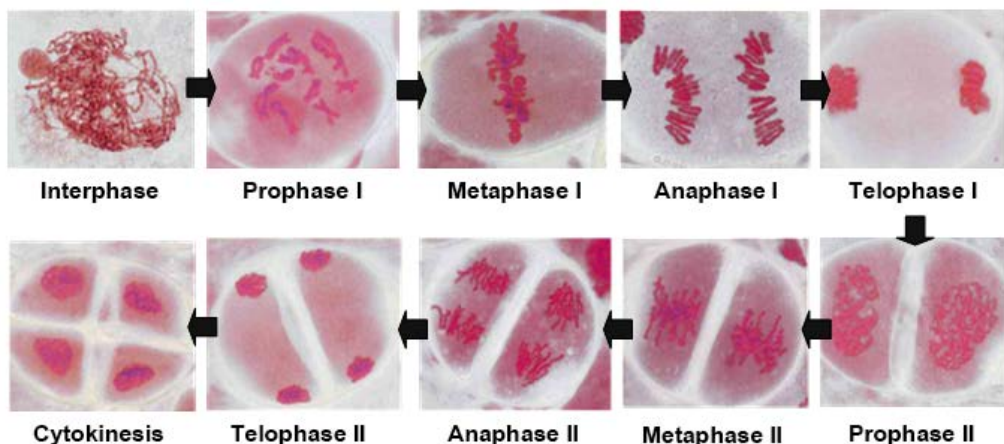
2) ครูกล่าวว่า “วันนี้เราจะได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการที่ทำให้จำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง เพื่อตอบคำถามที่ว่า การแบ่งเซลล์นี้

ประกอบด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง แต่ละขั้นตอนมีเหตุการณ์สำคัญอะไรเกิดขึ้นบ้าง และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการแบ่งเซลล์นี้จะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ และแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นอย่างไร”

ขั้นที่ 2 นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถาม (20 นาที)

1) นักเรียนแบ่งเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน จากนั้นแต่ละกลุ่มจะได้รับใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ไมโอซิส ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้ นักเรียนได้รับภาพระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจำนวน 5 ภาพ จากนั้นเรียงลำดับ

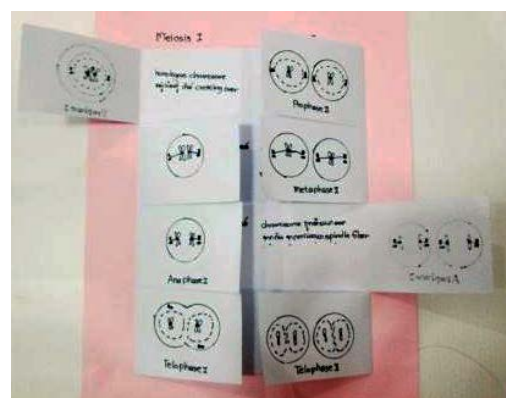
ภาพเหตุการณ์ตามลำดับก่อนหลัง แล้วนำไปแปะลงในใบกิจกรรม เมื่อเรียงถูกแล้วจะได้รับภาพเพิ่มอีก 5 ภาพ จากนั้นเรียงลำดับภาพเหตุการณ์ตามลำดับก่อนหลัง แล้วนำไปแปะลงในใบกิจกรรม ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ภาพครบ 10 ภาพ เมื่อเรียงภาพเรียบร้อยแล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับชื่อระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และนำไปเปรียบเทียบกับภาพที่ได้รับในตอนต้น จากนั้นระบุชื่อระยะต่าง ๆ ให้ตรงกับภาพ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การเรียงลำดับภาพเซลล์ในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และการระบุชื่อระยะ

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง shutter fold ซึ่งนักเรียนศึกษาคำอธิบายเหตุการณ์สำคัญในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งแบบไมโอซิส จากนั้นจึงสรุปเป็นภาพวาดและคำอธิบายสั้น ๆ ลงใน shutter fold (ภาพที่ 2) กำหนดให้เซลล์เริ่มต้น 1 เซลล์ มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 4 แท่ง)

ขั้นที่ 3 นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (คำตอบ) จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ (10 นาที)



ภาพที่ 2 shutter fold แสดงข้อมูลการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1) นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามในใบงานเรื่องไมโอซิส ซึ่งมีคำถามสำคัญดังต่อไปนี้

- ไมโอซิสประกอบด้วยกี่ระยะอะไรบ้าง (ตอบเรียงลำดับ)

- พฤติกรรมของโครโมโซมภายในนิวเคลียสของเซลล์แต่ละระยะมีลักษณะเป็นอย่างไร

- จากเซลล์เริ่มต้น 1 เซลล์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ และแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าใด

- จำนวนโครโมโซมในนิวเคลียสของเซลล์เริ่มลดลงเป็นครึ่งหนึ่งในระยะใดของการแบ่งเซลล์ และพฤติกรรมของโครโมโซมในระยะนี้มีลักษณะเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 4 นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (10 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจความถูกต้องของภาพ แผ่น shutter fold และใบงานโดยเทียบกับใบความรู้

ขั้นที่ 5 นักเรียนสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนผลการค้นพบของตนเอง (5 นาที)

ครูสุ่มกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม ให้นำเสนอผลงาน shutter fold หน้าชั้นเรียน เมื่อนำเสนอเรียบร้อยแล้วนักเรียนในห้องช่วยกันสรุปว่า “เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ และแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นอย่างไร”

คาบที่ 2 เรื่อง การสร้างแบบจำลองไมโอซิส

ขั้นที่ 1 นักเรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ (5 นาที)

1) นักเรียนทบทวนความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโดยร่วมกันตอบคำถาม

ดังนี้ “การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ประกอบด้วยกี่ระยะ อะไรบ้าง และระยะใดบ้างที่ทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรม”

2) ครูกล่าวว่า “วันนี้เราจะได้สร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องนี้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงในระยะ Prophase I ที่ส่งผลสำคัญให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรม”

ขั้นที่ 2 นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถาม (45 นาที)

1) นักเรียนแบ่งเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 5–6 คน จากนั้นแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมที่ 1 เรื่องการสร้างแบบจำลองไมโอซิส และทำกิจกรรมดังนี้

- สร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จากเซลล์เริ่มต้น 1 เซลล์ ที่มีจำนวนโครโมโซม $2n = 4$ โดยใช้อุปกรณ์ที่ครูแจกให้ ดังนี้ ลวดกำมะหยี่ แทนแขนของโครโมโซม ลูกปัดสีดำแทนเซนโทรเมียร์ ลูกปัดสีต่าง ๆ แทนยีน แผ่นพลาสติกลูกฟูก และปากกาเคมีชนิดลบได้

- ลำดับการแบ่งเซลล์ในระยะต่าง ๆ และจัดแสดงพฤติกรรมของโครโมโซม ลักษณะของยีนบนโครโมโซม และวาดรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่ เยื่อหุ้มนิวเคลียส เซนโทรโซม และเส้นใยสปินเดิล ลงบนแผ่นพลาสติกลูกฟูก (ภาพที่ 3)

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับภาพการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จากนั้นสรุปความแตกต่างระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ความแตกต่างระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

ขั้นที่ 3 นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (คำตอบ) จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ (20 นาที)



ภาพที่ 3 แบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามสำคัญดังต่อไปนี้ลงในใบกิจกรรมที่ 2

- เซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมีลักษณะของสารพันธุกรรมเหมือนหรือแตกต่างจากเซลล์เริ่มต้นอย่างไร

- ระยะใดของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่โครโมโซมคู่เหมือน (homologous chro-

mosome) เกิดการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมกัน

- การแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมระหว่างโครโมโซมคู่เหมือนที่เกิดขึ้นในกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

- ถ้าเซลล์ 1 เซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง ในระยะ S ของอินเตอร์เฟสมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 36 แท่ง หากเริ่มต้นมีเซลล์จำ-

นวน 4 เซลล์ เมื่อเข้าสู่กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในระยะโพรเฟส I ระยะการแบ่งไซโทพลาซึมของไมโอซิส I ระยะโพรเฟส II และระยะการแบ่งไซโทพลาซึมของไมโอซิส II จะมีจำนวนเซลล์ จำนวนโครโมโซมและจำนวนโครมาทิดในแต่ละเซลล์เป็นเท่าใด

- ไมโอซิสแตกต่างจากไมโทซิสอย่างไรในประเด็นต่อไปนี้ ระยะการแบ่งเซลล์ การเข้าคู่กันของ homologous chromosome การเกิด crossing over การแยกกันของ sister chromatid จำนวนเซลล์ที่ได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแบ่งเซลล์ จำนวนชุดโครโมโซมใน 1 เซลล์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแบ่งเซลล์

- ไมโอซิสมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ขั้นที่ 4 นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (15 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจความถูกต้องของแบบจำลองและใบงานที่ 2 โดยเทียบกับใบความรู้

ขั้นที่ 5 นักเรียนสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนผลการค้นพบของตนเอง (15 นาที)

ครูสุ่มคำถาม 8 คำถาม ครอบคลุมทุกประเด็นตามที่กล่าวไปแล้วในขั้นที่ 3 ให้แต่ละกลุ่ม จากนั้นแต่ละกลุ่มตอบคำถามให้เพื่อน ๆ ในห้องได้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้

2. พัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จากนั้นประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนชีววิทยาจำนวน 2 ท่าน และด้านการวัดผล จำนวน 1 ท่าน ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจนได้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่า IOC เท่ากับ 1 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน

42 คน ที่เคยเรียนเรื่องนี้แล้ว เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 15 นาที วิเคราะห์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ เลือกข้อสอบไว้ จำนวน 9 ข้อ โดยข้อสอบที่เลือกไว้มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20–0.69 (เฉลี่ย 0.37) และ 0.29–0.71 (เฉลี่ย 0.49) ตามลำดับ ในส่วนของค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.86 ข้อคำถามในแบบทดสอบเป็นดังนี้

คำถามที่ 1 ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนของไมโอซิสได้ถูกต้อง

คำถามที่ 2 จากข้อ 1 ในภาพใดมีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของสารพันธุกรรม (crossing over)

คำถามที่ 3 ระยะใดของไมโอซิสที่โครโมโซมมีการหดสั้นที่สุด และเหตุการณ์ดังกล่าวมีข้อใดอย่างไร

คำถามที่ 4 พฤติกรรมของโครโมโซมในข้อใดที่อยู่ในระยะ prophase II

คำถามที่ 5 เพราะเหตุใดไมโอซิสจึงทำให้เกิดการแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมในรุ่นลูกได้

คำถามที่ 6 ถ้าเซลล์เริ่มต้น 5 เซลล์ มี 20 โครโมโซม เมื่อสิ้นสุดไมโอซิส I จะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ และแต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซมเท่าใด

คำถามที่ 7 หากเซลล์ในระยะเมทาเฟส I มีโครโมโซมอยู่ 8 คู่ เมื่อสิ้นสุดไมโอซิส II เซลล์ใหม่จะมีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าใด และแต่ละเซลล์จะมีกี่โครมาทิด

คำถามที่ 8 ไมโอซิส II เหมือนกับไมโทซิสในข้อใด

คำถามที่ 9 ไมโอซิสมีความสำคัญต่อ

สิ่งมีชีวิตอย่างไร

3. นำกิจกรรมและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้มาตรฐานแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสุรินทร์ จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนที่ 1 จำนวน 38 คน และห้องเรียนที่ 2 จำนวน 41 คน โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้ 1) ทดสอบก่อนเรียน 2) จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ (150 นาที) และ 3) ทดสอบหลังเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน หาค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. หาค่า E_1/E_2 จากคะแนนระหว่างเรียน และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

3. หาค่า E.I. จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน (Promwong, 2013) และเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 0.5

4. วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และแบ่งผลการเรียนออกเป็น 8 ระดับ ตามเกณฑ์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (Ministry of Education, 2014) ดังนี้ ดีเยี่ยม (80–100 คะแนน) ดีมาก (75–79 คะแนน) ดี (70–74 คะแนน) ค่อนข้างดี (65–69 คะแนน) น่าพอใจ (60–64 คะแนน) พอใช้ (55–59 คะแนน) ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (50–54 คะแนน) และไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (0–49 คะแนน)

5. เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยใช้การ

ทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระ (t-test for dependent sample)

6. วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน โดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้า (normalized gain, $\langle g \rangle$) และแบ่งความก้าวหน้าทางการเรียนออกเป็น 3 ระดับ (Hake, 1998) ดังนี้ low gain ($\langle g \rangle < 0.3$) medium gain ($0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$) และ high gain ($\langle g \rangle \geq 0.7$)

ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้

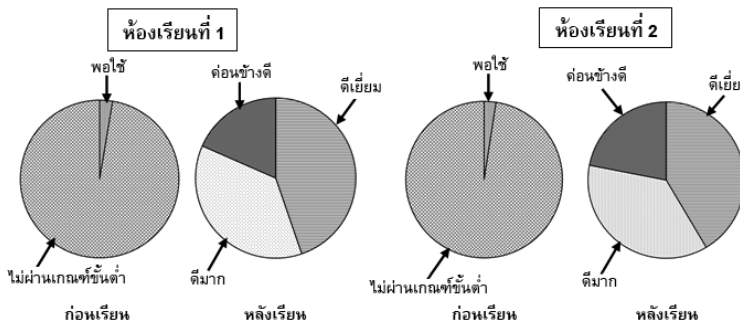
จากการวิเคราะห์คะแนนใบงานและโมเดล ซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ค่า E_1/E_2 ของห้องเรียนที่ 1 และห้องเรียนที่ 2 เท่ากับ 81.23 /80.99 และ 81.14/ 80.22 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (80/80) และจากข้อมูลดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้เมื่อใช้กับนักเรียนห้องเรียนที่ 1 และ 2 มีค่า E.I. เท่ากับ 0.73 และ 0.72 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.5)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากผลการศึกษาในข้อที่ผ่านมา พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาตรฐาน จึงเป็นที่น่าสนใจว่ากิจกรรมการเรียนรู้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้มากน้อยเพียงใด จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนห้องเรียนที่ 1

พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 25.73 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวนร้อยละ 97.37 มีคะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ และอีกร้อยละ 2.63 มีคะแนนอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.99 อยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยแบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยมจำนวนร้อยละ 44.74 ระดับดีมาก 36.84 และระดับค่อนข้างดี 18.42 และจากการวิเคราะห์คะแนนสอบของนักเรียนห้องเรียนที่ 2 พบว่า มี

แนวโน้มเช่นเดียวกับห้องเรียนที่ 1 กล่าวคือคะแนนสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 24.93 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ทั้งนี้มีนักเรียนจำนวนร้อยละ 97.56 มีคะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ และอีกร้อยละ 2.44 มีคะแนนอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.22 อยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยแบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยมจำนวนร้อยละ 41.46 ระดับดีมาก 36.59 และระดับค่อนข้างดี 21.95 (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนห้องเรียนที่ 1 และห้องเรียนที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนสอบหลังเรียนห้องเรียนที่ 1 พบว่าคะแนนสอบเฉลี่ยหลังเรียน (80.99%) มีค่ามากกว่าคะแนนสอบเฉลี่ยก่อนเรียน (25.73%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 21.26^*$ และ $p = .00$) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนห้องเรียนที่ 2 พบว่าคะแนนสอบเฉลี่ยหลังเรียน (80.22%) มีค่ามากกว่าคะแนนสอบเฉลี่ยก่อนเรียน (24.93%) ($t = 21.26^*$ และ $p = .00$) สรุปได้ว่ากิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์นี้ สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากระดับไม่ผ่าน

เกณฑ์ขั้นต่ำไปอยู่ในระดับดีเยี่ยมทั้งสองห้องเรียน ($p < .05$)

นอกจากนี้หากพิจารณาการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ (ตาราง 1) พบว่า จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบหลังเรียนในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อในทั้งสองห้องเรียน และมีดัชนีความก้าวหน้ารายข้อเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ($<g> \geq 0.7$) โดยในแต่ละห้องมีข้อสอบเพียงข้อเดียวจากทั้งหมด 9 ข้อที่มีร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกอยู่ในระดับดี (73.68) ส่วนข้อสอบที่เหลืออีก 8 ข้อมีร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกอยู่ในระดับดีมากขึ้นไป สะท้อนให้เห็นว่า

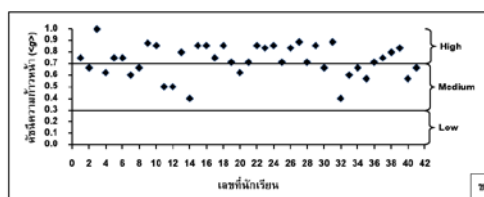
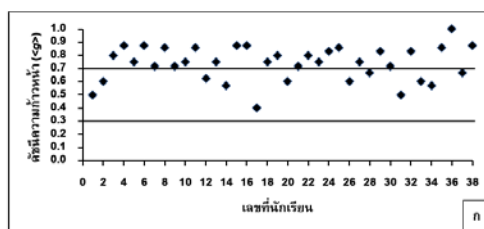
ตาราง 1 จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) ห้องเรียนที่ 1 และห้องเรียนที่ 2 ที่ตอบคำถามถูกในแต่ละข้อของการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และดัชนีความก้าวหน้า

คำถามที่ / ประเด็นความคิดหลัก	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก (ร้อยละ)					
	ห้องเรียนที่ 1			ห้องเรียนที่ 2		
	ก่อน	หลัง	<g>	ก่อน	หลัง	<g>
1. ลำดับขั้นตอนของไมโอซิส	31.58	86.84	0.81	23.68	84.21	0.79
2. การเกิด crossing over	31.58	84.21	0.77	31.58	84.21	0.77
3. พฤติกรรมโครโมโซมในระยะเมทาเฟส I, II	26.32	81.58	0.75	31.58	78.95	0.69
4. พฤติกรรมโครโมโซมในระยะโปรเฟส II	28.95	84.21	0.78	34.21	81.58	0.72
5. ไมโอซิสกับความแปรผันทางพันธุกรรม	21.05	81.58	0.77	10.53	81.58	0.79
6. ผลลัพธ์: จำนวนเซลล์	23.68	76.32	0.69	31.58	76.32	0.65
7. ผลลัพธ์: จำนวนโครโมโซมและโครมาทิด	18.42	78.95	0.74	18.42	73.68	0.68
8. ความแตกต่างระหว่างไมโทซิสและไมโอซิส	26.32	73.68	0.64	13.16	76.32	0.73
9. ความสำคัญของไมโอซิส	23.68	81.58	0.76	34.21	81.58	0.72

กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้ ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์ประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับไมโอซิสได้เป็นอย่างดี

ความก้าวหน้าทางการเรียน

เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้นพบว่าจัดอยู่ในระดับสูง (high gain) โดยมีค่า <g> เท่ากับ 0.7435 และ 0.7235 ตามลำดับ แสดงว่า กิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 74.35 และ 72.35 ตามลำดับ ทั้งนี้สำหรับห้องเรียนที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 13 และ 25 คน มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 5ก) ในส่วนของห้องเรียนที่ 2 มีนักเรียนจำนวน 18 และ 23 คน ที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 5ข)



ภาพที่ 5 ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ก) ห้องเรียนที่ 1 และ (ข) ห้องเรียนที่ 2

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

กิจกรรมการลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์เรื่องไมโอซิส มุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด ส่งเสริม

ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติทีละขั้นตอน และให้ครูเป็นเพียงผู้จัดสภาพการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการสืบเสาะของนักเรียน กิจกรรมนี้ใช้เวลา 150 นาที และประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ นักเรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถาม นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนผลการค้นพบของตนเอง กิจกรรมการลงมือปฏิบัติหลัก ๆ ของเรื่องนี้ประกอบด้วย การจัดเรียงแผนภาพ การสร้าง shutter fold และการสร้างแบบจำลอง ผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.23/80.99 และ 81.14/80.22 ในห้องเรียนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ในขณะที่ดัชนีประสิทธิผลมีค่าเท่ากับ 0.7 ในทั้งสองห้องเรียน โดยนักเรียนห้องเรียนที่ 1 สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (25.73) ไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระดับดีเยี่ยม (80.99) ($t = 21.26, p = .00$) และนักเรียนห้องเรียนที่ 2 สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (24.93) ไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระดับดีเยี่ยม (80.22) ($t = 21.36, p = .00$) และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเท่ากับร้อยละ 73.58 และร้อยละ 72.68 ในห้องเรียนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์เรื่องโมโนซิสที่พัฒนาขึ้นมีค่าประสิทธิ-

ภาพและประสิทธิผลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ อีกทั้งยังทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์ประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโมโนซิสได้เป็นอย่างดี จึงเป็นวิธีการที่น่าจะเหมาะสมในการนำไปใช้แก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนตามที่รายงานไว้โดย Clark and Mathis (2000) Lewis et al. (2000) Nakthong et al. (2007) Dikmenli (2010) Prasarnned and Sumranwanich (2013) และ Smith (1991) นอกจากนี้ยังมีความสอดคล้องกับผลการวิจัยของนักวิจัยหลายท่านที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมแบบลงมือปฏิบัติและมีการลำดับกิจกรรมบนฐานการสืบเสาะวิทยาศาสตร์มีความก้าวหน้าทางการเรียนและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น อีกทั้งกิจกรรมนั้น ๆ ก็มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตามเกณฑ์ที่กำหนด (Luo, 2012; Pitipornatapin and Sritha, 2012; Scherer, 2014) ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเนื่องมาจาก

(1) การสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ดำเนินตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหาสาระ การกำหนดวัตถุประสงค์และหลักฐานชิ้นงาน การออกแบบกิจกรรมที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นความท้าทายและการคิด และการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ การทดลองใช้ (try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และการปรับปรุงพัฒนาให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

(2) การลำดับกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของการสืบเสาะวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสม

สมกล่าวคือ

ในขั้นที่ 1 นักเรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ มีการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงสู่ความรู้ใหม่ มีการใช้สถานการณ์ที่สามารถดึงดูดให้นักเรียนเกิดความสงสัยและจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะในขั้นต่อไป (Bybee et al., 2006) ซึ่งการที่นักเรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ จะทำให้นักเรียนมีเป้าหมายที่แน่ชัดของการเรียน (Bell et al., 2005; NRC, 2000) และมีความมุ่งมั่นที่จะเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถามที่ตนสงสัยจึงนำไปสู่การเรียนรู้ที่มีความหมาย (Pontrai, 2015)

ในขั้นที่ 2 นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถาม มีการใช้กิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติแทนการให้นักเรียนฟังบรรยายจากครูและแทนการอ่านใบความรู้เพื่อตอบคำถามตามใบงาน การใช้กิจกรรมการลงมือปฏิบัติทำให้นักเรียนได้ฝึกการสังเกตอย่างแม่นยำ การได้มีสมาธิมุ่งมั่นในการปฏิบัติกิจกรรมทำให้นักเรียนเห็นและเข้าใจสิ่งที่กำลังเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง (Phochaiyach and Pontrai, 2015; Prasertsan, 2012) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นของการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ (Boomer and Latham, 2011) นอกจากนี้การใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายและการใช้สื่อที่แปลกใหม่ (การศึกษากำเนิดชีวิตจากวิดีโอ การเรียงลำดับภาพระยะการแบ่งเซลล์ การสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์) ตลอดจนการแบ่งกิจกรรมเป็นตอน ๆ เพื่อให้นักเรียนได้เก็บข้อมูลด้วยตนเองทีละขั้นจากง่ายไปหายาก จากทำหยาบความคิดไม่มากไปสู่ทำหยาบความคิดมากขึ้นเป็นลำดับ ยังเป็นปัจจัยเสริมอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยดึงดูดความ

สนใจของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้เชิงรุก (active learning) (Pitipornatapin and Sritha, 2012; Prasarned and Sumranwanich, 2013) และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยการปะติดปะต่อและเติมเต็มความคิดรวบยอดโดยใช้กระบวนการสืบเสาะวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง (Bybee et al., 2006; Smith, 1991)

ในขั้นที่ 3 นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันพิจารณาข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาและตรวจสอบว่ามีความครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ เพียงพอต่อการนำไปใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (คำตอบ) ของคำถามที่ตนสงสัยหรือไม่ สิ่งเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนฝึกใช้การคิดวิเคราะห์ในการเรียนรู้ (Prasertsan, 2012) นอกจากนี้การใช้คำถามนำที่ดีในแบบบันทึกกิจกรรมยังช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับคำถามได้ง่ายขึ้น จึงนำไปสู่การสร้างคำตอบที่ถูกต้องครบถ้วนและตรงประเด็น

ในขั้นที่ 4 นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีการกระตุ้นให้นักเรียนอ่านแบบกระตือรือร้น (active reading) และอ่านแบบจับใจความสำคัญให้สัมพันธ์กับคำถามนำในใบบันทึกกิจกรรม สิ่งเหล่านี้ทำให้นักเรียนทราบว่าคำถามที่ตนสงสัยได้รับการตอบแล้วหรือยัง และคำตอบนั้นมีหลักฐานสนับสนุนเพียงพอหรือไม่ มีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด และมีความคลาดเคลื่อนจากคำอธิบายที่นักวิทยาศาสตร์ได้กล่าวไว้ในเรื่องเดียวกันหรือไม่อย่างไร (Phochaiyach and Pontrai, 2015) ซึ่งหากมีความสอดคล้องกันจะทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง ที่สามารถใช้กระบวนการ

การทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างองค์ความรู้ได้ เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงในเรื่องที่ตนศึกษา ในทางกลับกันหากผลการศึกษาไม่สอดคล้องกัน จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้บนความผิดพลาดและจำความผิดพลาดและความถูกต้องนั้นได้นานยิ่งขึ้น (Porntrai, 2015)

ในชั้นที่ 5 นักเรียนสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนผลการค้นพบของตนเอง มีการส่งเสริมให้เกิดบรรยากาศการสื่อสาร การโต้แย้งซักถามแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างมีเหตุมีผลระหว่างนักเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง (Bybee et al., 2006) นำไปสู่การเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในงานของตนเอง (Scherer, 2014) และเกิดความสำเร็จในการเรียนในท้ายที่สุด (McDonald, 2012) นอกจากนี้การทดสอบหลังเรียนในชุดกิจกรรมและการสะท้อนผลทันทีช่วยให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ถูกต้องอีกครั้งและได้ประเมินตนเองเพื่อการพัฒนาในการเรียนครั้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Bell, R. L., Smetana, L. and Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. **The Science Teacher** 72: 30–33.
- Boomer, S. M., and Latham, K. L. (2011). Manipulatives-based laboratory for majors biology a hands-on approach to understanding respiration and Photosynthesis. **Journal of Microbiology and Biology Education** 12(2): 127–134.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powel, J. C., Westbrook, A., and Landes, N. (2006). **The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness**. A Report Prepared for the Office of Science Education National Institute of Health.
- Clark, D. C., and Mathis, P. M. (2000). Modeling mitosis and meiosis: A problem-solving activity. **The American Biology Teacher** 62(3): 204–206.
- Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. **Scientific Research and Essay** 5(2): 235-247.
- Dunlap, D., and Patrick, P. (2012). The beads of translation: Using beads to translate mRNA into a polypeptide bracelet. **The American Biology Teacher** 74(4): 262–265.
- Farrar, L., and Barnhart, K. (2011). Chromosomenoodles: Jump into the gene pool using pool noodles to model chromosome in the biology classroom. **The Science Teacher** 78(5): 34–39.
- Güneş, M. A., and Çelikler, D. (2010). The investigation of effects of modelling and computer assisted instruction on academic achievement. **The International Journal of Educational Researchers** 1(1): 20–27.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American**

- Journal of Physics** 66(1): 64–74.
- Kelly, K., Irene, H., Kit-Tai, H., and Eva, L. (2014). Integrating direct and inquiry-based instruction in the teaching of critical thinking: an intervention study. **Instructional Science** 42(2): 251–269.
- Kreiser, B., and Hairston, R. (2007). Dance of the chromosomes: A kinetic learning approach to Mitosis and Meiosis. **Bioscene** 33(1): 6–10.
- Lewis, J., Leach, J., Wood, R. (2000). Chromosomes: The missing link – young people's understanding of mitosis, meiosis and fertilization. **Journal of Biological Education** 34(4): 189–199.
- Lewis, J., and Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: Re-visiting students' understandings of genetics. **International Journal of Science Education** 26: 195–206.
- Luo, P. (2012). Creating a double-spring model to teaching chromosome movement during mitosis and meiosis. **The American Biology Teacher** 74(4): 266–269.
- McDonald, G. (2012). Teaching critical and analytical thinking in high school biology. **The American Biology Teacher** 74(3): 178–181.
- Ministry of Education. (2014). **Guideline for Measurement and Evaluation of Learning Based on Core Curriculum Basic Education 2008**. Bangkok: Agricultural Cooperative Printing Demonstrations of Thailand.
- Nakthong, U., Anuntasethakul, T. A., and Yuktakom, N. (2007). Student conceptions on cells and cell processes in grade 10. **Kasetsart Journal (Social Sciences)** 28(1): 1–10. (in Thai)
- National Research Council [NRC]. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning**. Washington, DC: National Academy.
- Phochaiyarach, S., and Porntrai, S. (2015). Enhancing analytical thinking abilities using science inquiry approach. **Journal of Research on Science, Technology and Environment for Learning** 6(1): 46–56. (in Thai)
- Pitipornatapin, S., and Sritha, S. (2012). The outcomes of biology learning management in the topic of cell division with creating clay animation–stop Motion by 10th grade students. **Kasetsart Journal (Social Science)** 33: 397–409. (in Thai)
- Porntrai, S. (2014). A simple and inexpensive model for use in learning cell division and cytogenetics. **Journal of Research on Science, Technology and Environment for Learning** 5(1): 109–116. (in Thai)
- Porntrai, S. (2015). Learning cell cycle and mitosis by science inquiry: An active way to increase academic achievement and

- knowledge retention. **Journal of Research on Science, Technology and Environment for Learning** 6(2): 175–187. (in Thai)
- Prasamned, P., and Sumranwanich, S. (2013). Grade 10 student' mental representation about cell division through slowmation. **Journal of Education Graduate Studies Research** 8(2): 91–98. (in Thai)
- Prasertsan, S. (2012). **Research–Based Project: New Learning Process for Thai Education**. Bangkok: Thailand Research Fund. (in Thai)
- Promwong, C. (2013). Developmental Testing of Media or Teaching Package's Efficiency. **Silpakorn Educational Research Journal** 5(1): 7–20. (in Thai)
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2011). **Biology I Guide Book for Teacher**. Bangkok: Agricultural Cooperative Printing Demonstrations of Thailand.
- Scherer, Y. D. (2014). The cell cycle: An activity using paper plates to represent time spent in phases of the cell cycle. **The American Biology teacher** 76(7): 478–479.
- Smith, M. U. (1991). Teaching cell division: Student difficulties and teaching recommendations. **Journal of College Science Teaching** 21(1): 28–33.
- Wekesa, D. W., Wekesa, E. W., and Amadalo, M. M. (2013). A computer mediated simulation module for teaching cell division in secondary school biology. **International Journal of Educational Research and Development** 2(5): 114–130.